PB-237 737-T

PROBLEMS AND METHODS OF AIR EXAMINATIONS OVER EXTENSIVE AREAS

Felix Lampadius

Environmental Protection Agency
Research Triangle Park, North Carolina

1962

DISTRIBUTED BY:

NTIS

National Technical Information Service
U. S. DEPARTMENT OF COMMERCE

PB 237 737-T -/- EPA TR 75-73
APTIC H8032

PROBLEMS AND METHODS OF AIR EXAMINATIONS OVER EXTENSIVE AREAS*

by Felix Lampadius

(from the Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden 11 (1962) no. 3, 609-616)

In the last 2 to 3 decades the smoke peril to larger forest areas by emissions from industrial complexes has noticeably increased in significance in contrast to earlier smoke peril frequently characterized by individual and widely distributed emission sources. The ascertainment of immission conditions in the smoke-damaged forests through analyses of the air is, therefore, no longer confined to limited areas but has taken on extensive dimensions, in some cases up to several 100 km^2.

The job of diagnosing smoke damage to forests over an extensive area, which in some areas must precede urgent therapeutic steps to reduce the peril, has the alternative of conducting extensive air measurements either on a long-term stationary and continuous basis or on a short-term, mobile, and discontinuous basis. Even if the transferability of the measurement results to the closer or more distant circumferences of the measuring points provokes objections in either case, so up until now the selection of the measurement method had to be made far more dependent on the deployment possibilities for appropriate measurement devices than on the principles of the methodology.

The continuation of the air-analytical summation method developed by Wislicenus resulted, from a time standpoint, in forest research

* Address given on the occasion of the III International Research Congress of Forest Experts in Smoke Damage meeting in Tharandt (May 24 to 27, 1961), abbreviated version.

TRANSLATED BY MUNDUS SYSTEMS FOR APTIC

Reproduced by
NATIONAL TECHNICAL
INFORMATION SERVICE
U S Department of Commerce
Springfield VA 22151

in smoke damage in Central Germany (i.e. the German Democratic Republic) continuing to adhere to this method. It happened that in spite of the well-known weakness of this method in failing to cause to come to light in clear fashion the concentration peaks of air pollution, the application of this method for wide-area air examinations with special forestry questions in mind offers great practical advantages. Yet by means of this method only in individual cases can an extensive overview of immission conditions of wide areas polluted through the admixture of SO_2 be obtained. It has proven itself worthwhile to follow up this overview with supplememtary, mobile, discontinuous measurements in order to discover at what distance from the smoke sources and at what concentration the toxicity threshold of gaseous impurities in the air is exceeded.

Introduction

Since about the turn of the century forest smoke-damage diagnosis has been making use of air analyses in addition to the analysis of smoke-damaged plants primarily in use up until that point. Pioneering work was accomplished by Wislicenus (1) who succeeded in ascertaining the SO_2 content of the air in forest areas by means of the barium-patch method.

Air analysis, which nowadays as a rule takes first place among the ways to diagnose forest smoke damage, has practical significance as evidence for the cause of smoke damage. As long as only one emittent can be blamed for perpetrating smoke damage, this method of obtaining eveidence has in general but a small role to play. If it becomes necessary to ascertain the prior pollution of the damaged area or if the suspicion exists that several emittents may be responsible for the smoke damage, then the examination of the air must be on a wider scale.

(1) Wislicenus, H.: Nachweis der schwefligen Säure in der Waldluft des Tharandter Waldes (Evidence of sulfurous acid in the forest air of the Tharandt Forest), Tharandt. Forstl. Jahrb. 48 (1898), p. 173.

In the industrial landscape where many industrial activities along with home heating and transportation facilities are simultaneously involved in air pollution, the air-analytical determination of the cause of smoke damage is, in the sense of obtaining exact evidence for damage replacement regulations, extremely complicated. On the other hand, the question has come to the fore to what degree air pollution has reached extensive proportions in such areas and hoe extensively the neighboring non-industrial landscape has been affected by this air pollution. The wide-scale air examinations aimed at answering these questions enable forest management officials to record and evaluate smoke as a site factor, clarify the status quo of air pollution with reference to projecting new sources of smoke in the vicinity of the forest and to lead, following ascertainment of the quality and quantity of immission conditions, to decisions on the application of therapeutic measures against forest smoke damage. Finally, from the results of the extensive air analyses in forest areas demands can be derived for minimizing the causes of the damage at the sources of the smoke.

1. The problems of extensive-area examinations of the air

1.1 Stating the problem

1.11 The areal parameters of the assignment

The steady increase in air pollution and the prospects for our national economic development bring in their wake the ideal requirement to set up a network of air-monitoring stations in the German Democratic Republic whose job it would be to detect and continuously monitor air pollution. The realization of this ideal could very quickly contribute to clarifying which forest area is currently jeopardized by smoke and dor which areas such danger must be feared in the future. As long as the possibility of a continuous air-monitoring service is not realized, then the diagnosis of forest smoke damage will have to be limited to ascertaining qualitatively and quantitatively the immission conditions occurring within and around the industrial landscape, for the most part already seriously damaged by smoke. With the realization of the industrial program, of which strictly speaking

at present only the northern part of the German Democratic Republic is not yet or hardly affected, the job of conducting extensive air analyses to ascertain as quickly as possible air conditions in all of the more-or-less smoke-afflicted areas should be regarded as part forest smoke-damage research. The results then can serve as the basis for the air-monitoring service to be established at a later date. In addition to its significance in the immediate introduction of therapeutic measures against smoke damage, these results will furnish standards of acceptability for new industrial concerns to be erected in forested areas and the results are also suited to become a factor in area planning. With this task a substantial share of the wholesale diagnosis of forest smoke damage is delineated at the same time.

1.12 The air-analytical goal

In addition to the delineation and corresponding significance of extensive air examinations, the air-analytical goal of these examinations is an especially problematic question. Mühlsteph (2) had already studied back in 1942 this question, using technical measurement prerequisites that have since been overtaken.

If we could keep solely to the basic proposition that smoke damage occurs as soon as the phytotoxic-acting substance has exceeded the the threshold of toxicity, then air-analysis measurements would have a fixed and narrowly delineated goal. Since, however, the toxicity threshold of a given and harmful substance is subjected to fluctuations considerably affected by type and specific-individuality, and since, further, in keeping with the examination results of van Haut and Stratmann (3) -- besides the well-known dependence of smoke sensitivity of forest trees on age and site, differences exist in the smoke sensitivity of the plant and its individual parts dependent on their respective stage of development, this threshold value probably always has a signifucant effect on the dispersion spectrum. Besides it is still unexplained whether the long-term accumulation of below

(2) Mühlsteph, W.: Wege zum chemischen Nachweis von Abgas (Rauch-) Schäden mit besonderer Rücksicht auf den Wald (Ways for the chemical detection of fume (smoke) damage with special attention to the forest), Tharandt. Forstl. Jahrb. 93 (1942) p. 631. (3) Van Haut, H., and Stratmann, H.: Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung von SO_2 auf die Vegetation (Experimental studies on the effect of SO_2 on vegetation), Forschungsber. des Landes Nordrhein-Westfalen, no. 884, 1960.

threshold concentration values of the harmful substance cannot lead to the injury of the plant. It appears, therefore, at least questionable whether alone through ascertainment of the occasional immission concentration peaks occurring for longer or shorter periods of time in the forest area under study for smoke danger a standard proportion with adequate validity can be found and whether rather the average concentration values of air pollution are not characteristic for the degree of extensive-area air pollution.

1.2 The selection of the air-analytical method

1.21 The use of continuously-measuring instruments

It is conceivable in the realization of the ideal demand for the establishment of a continuous air-monitoring service to equip the individual forest-management stations with a more-or-less large number of automatic recording devices that would ascertain on a steady basis through continuous, stationary air measurements the SO_2 concentrations occurring. So long as the procurement and professional servicing of such air-measurement devices are not tied to presently realizable financia; or material prerequisites, we shall necessarily have to desist in the conduct of extensive air studies from continuous measurements to be set up on an extensive-area measuring point system. The ascertainment of the immission conditions of forest areas that are plainly being affected more and more by smoke damage is, moreover, such an unpostponable task that for a beginning short-term measurements mus t suffice even if in the process the influence of seasonal climatic conditions and fluctuations cannot be readily broyght into the measurement result in each case. Serious concern must be expressed against the stationary use of only scattered continuously-measuring automatic recording devices for the purpose of detection of the wide-area SO_2 level in the air of a given forest landscape. The transferral of these absolute SO_2 values obtained either short-term or long-term at one or but at a few monitoring points with automatic recording devices to the wider environment of the individual monitoring point would disregard the fact that the SO_2 content of the ground layers of air is usually subjected to great fluctuations dependent on the distance from the

smoke source and the orographic landscape Considerations to make automatic recording devices more mobile by mounting them on motor vehicles (for example, Ultragas 3 of the Wösthoff (4) Company) make up an attractive theory.

The result of the motorized monitoring endeavors, which we carried out with this device and during which we were able to make ourselves independent of power lines by drawing our electrical supply from a battery, was that it suffered not only because of the great sensitivity of the device shaking and temperature extremes but also that et every point a reading was taken a disproportionate amount of time had to be taken to adjust the instrument to zero. Aside from the fact that the deployment of this device under extensive-area monitoring conditions also presupposes high material and personnel costs, these difficulties led to inadequate measurement results inasmuch as in the course of the day either only a few reliable measurements (and they took too long) could be conducted at but individual measuring points or instead many unreliable results were obtained as a consequence of frequent changes of position and, therefore, of too short a duration. The long-term or short-term stationary employment of other continuously measuring but not automatically recording instruments yields only SO_2 average values without being able to record accurately the time and extent of peak concentrations that occur. But even with this method there are under actual forest conditions the most varied kinds of difficulties in regard to its use, difficulties that are not consistent with the requirement to obtain as quickly as possible data on the immission conditions of forest areas exposed to the effects of smoke.

1.22 The use of discontinuous measuring devices

With the abandonment of continuous measurements, the air-analytical measurement procedure comes all the more under the influence of the coincidental effects of climate and orography on the measurement result, still the more so when occasional

(4) Wösthoff, H., o. H. G. Apparatebau -- Bochum: Gasanalysen-Geräte (Instrument manufacturing -- Bochum: gas-analysis devices), Prospect 501-2, no. 0158, p. 5 - 6 (not published).

short-term detection of air impurity is involved in these recordings. Of the discontinuous measuring devices the microadsorber according to Stratmann (5) is reported by West German research to have particular suitability for air measurements in forest areas. Yet even this instrument, which records the SO_2 content of the air in milligrams based on the air volme (m^3), has the shortcoming that SO_2 peak concentrations cannot be reliably detected or only by accident (6). Our test measurements with this instrument led to the discovery that in negligible SO_2 concentrations in the air a 100 l sample must be taken, which requires a time expenditure of 33 minutes via a power-line hookup or from 45 to 50 minutes when a battery is used. Indeed the device is not very sensitive to vibrarions and the like, which cannot be avoided in measurement trips in the woods, but the analysis procedure according to our observations is susceptible to trouble. The solution to the tasks of our extensive-area air examinations presupposes the procurement of about 10 to 20 Stratmann instruments, something we cannot count on for the foreseeable future. For the case that a number of devices appropriate for the extent of the area to be examined could be deployed, the individual measuring procedure would have to be repeated very often to safeguard the reliability of the results. If we include chemical-analytical tasks, this would require a relatively great expenditure of time in relation to a measurement resukt that in spite of its accuracy (as mg SO_2 / m^3) gives no clear-cut information on whether, when, and how long the SO_2 content of the air, from an extensive-area viewpoint, has exceeded the toxicity threshold.

1.23 The summation method

It is desirable in considering the problems of extensive-area air analyses to follow practical experience such as it may have proved itself in the course of time in our own air-measurement research. According to Wislicenus (7) the issue of measuring air pollution by the Liesegang (8) method has again experienced an

(5)Stratmann, H.: Eine mikroanalytische Methode zur Bestimmung von Schwefeloxyd in der Atmosphäre. (A microanalytical Method for determining sulfur dioxide in the atmosphere), Mikrochemica Acta 1954, no. 6. (6) Stratmann, H.: Untersuchungen über den Schwefeldioxydgehalt bodennaher Luftschichten in der Umgebung von Steinkohlen-Kraftwerken (Studies on the sulfur dioxide content of air layers near the ground

upsurge. The bell-jar method that he developed leads to the ascertainment of the S-content of the air of a given measurement site, with this value being determined in mg / 100 hr. When after World War II the question of smoke damage was again made a subject of instruction and research by Prof. Dr. Zieger in 1954 at Tharandt, he then decided, because of the lack of other air-analytical possibilities, in favor of the use of the summation method for making air analyses. On the occasion of the Polytechnic Congress of the Technical University of Dresden in 1958 Pelz (9) had already shown that we are able to evaluate appropriately the shortcomings of the bell-jar method. In the meantime the job of diagnosing large areas led in a certain sense necessarily to the use of this method for such air analyses. The advantage of this method is incontestable by reason of the opportunity that it affords for acquiring an overview of wide-scale air pollution in a relatively short period of time and with relatively simple means by simultaneous measurements at a great number of different monitoring locations. The whole amount of work necessary for outdoor and laboratory activities is negligible and predestines the bell-jar method for practical reasons for extensive-area use. Speaking out decisively in favor of the bell-jar method -- in comparison with stationary or mobile air measurement by only some of the Wösthoff or Stratmann devices -- is the fact that a nearly

---

in the vicinity of bituminous-coal power plants), Mitt. VGB, 1955, no. 37. (7) Wislicenus, H.: see above (1). (8) Liesegang, W.: Über die Verteilung schwefelartiger Abgase in freier Luft (On the distribution of sulfur-like fumes in the open atmosphere), Gesundheitsing. 1931 no. 48. (9) Pelz, E.: Rauchschade diagnose (Smoke-damage diagnosis), Arch. f. Forstwesen 8 (1959), no. 8. (10) Pelz, E.: Untersuchungen über die individuelle Rauchhärte von Fichten (Vorläufige Mitt.) (Studies on the individual smoke resistance of spruce trees (tentative reports). Wiss. Z. TU Dresden 1962, no. 3, mit Bericht und Vorträgen der III Internationalen Arbeitstagung forstlicher Rauchschadensachverständiger (with report and addresses from the III International Research Congress of Smoke Damage Research Experts), Tharandt 1961. (11) Cited with Stratmann above (5). (12) Lisegang, W.: see above (8). (13) Keller, H.: Beiträge zur Erfassung der durch schweflige Säure hervorgerufenen Rauchschäden an Nadelhölzern (Contributions to the recording of smoke damage to conifers caused by sulfurous acid), Forstwirtschaftl. Forschungen 1958, no. 10. (14) Heller, A.: Verfahren zur Untersuchung der Aussenluft und deren Bedeutung für die Lufthygiene (Procedure for the examination of outside air and its significance for air hygiene), Schriftenr. d. Vereins f. Wasser-, Boden-, und Lufthygiene, Berlin-Dahlem 1955, no. 10. (15) Zepf, K., and Vetter, F.: Eine einfache Schnellmethode zur Bestimmung des Schwefeloxyds in der Luft (A fast, simple method for determining sulfur dioxide in the air), Mikrochemie 1930. Emich Festschrift.

unlimited number of monitoring points is subjected during extensive-area air measurement to one and the same general weather situation and that solely the influence of the orography on the measurement results from the individual monitoring point is active as a variable factor. Therefore the interpretation of the measurement results is substantially simplified. That it cannot be inferred from the S-values obtained which SO_2 concentrations occurring during the 100-hour measurement period were involved in particular at the outset constitutes a considerable weakness of this method. This inadequacy is, according to Pelz' (10) observations (it was he who was able to prove the correlation between a high S-value and severe damage to spruce needles) not so serious that we must discard the bell-jar method for that reason as useless. Not only the SO_2 content of the air but also other sulfur-containing compounds in the atmosheric air make the chemical process involved in the bell-jar method an attractive one, as in the Ultragas-3 device from the Wösterhoff firm and the Stratmenn device. Contrasting with this view is the statement of Meetham (11) who holds that the proportion of SO_3 and H_2S present in the atmospheric air does not exceed 1 to 2% of the SO_2 content of the air and that the SO_3 and H_2SO_4 present in the air is derived from SO_2. For these reasons it is inadmissible to convert the S-values found with the bell-jar method into SO_2. The shortcoming that the bell-jar method does not indicate anything about in what SO_2 concentrations per air volume the S-values found rest, has been compensated for by Liesegang (12) through the establishment of a danger scale, which however no longer does justice to the latest data on the toxicity of SO_2, especially in regard to conifers (13). By calling upon practical experience in air measurement, Heller (14) has treated in detail the significance of the S-values found by means of the bell-jar method and, in the process, on the basis of comparative measurements with Zepf's and Vetter's (15) calorimetric procedure contrasted the corresponding SO_2 values / m^3 air with the S-values / 100 h. According to our experiences which we have confirmed over and over in the course of many years in the use of the bell-jar method, when applied to extensive-area air analyses this method fulfuls its purpose inasmuch as it

leads to an overview of the immission conditions in the area under examination. Certainly such a result presupposes that detailed attention is given in planning these extensive-area air examinations to the multiplicity of influences from weather and orography and that the measurements are repeatedly conducted as far as possible on a graduated basis according to the season of the year. If then an overview of the immission conditions in the area under examination is obtained by this method, then the additional use of individual, continuously-measuring, if possible automatically-recording, instruments can contribute to greater clarification about peak concentrations of SO_2.

1.24 Demands for measuring instruments suited for extensive-area air examinations

Herrmann (16) has listed in detail what chemical and technical features the air-measurement instrument must have in order that future tasks in extensive-area air analysis can be fulfilled. Since in time past the procurement of modern air-measurement instruments was frequently subject to severe commercial obstacles and the use of such especially sensitive instruments for measuring air in the forest is always associated with risks, the development of air-measuring instruments suitable for forest use should involve considerations to the effect that, in addition to demands for sensitivity, selectivity, and measurement accuracy, the demand for as simple as possible a construction appropriate for use in the forest must be met. What we have in mind is a measuring device that with respect to simple operation and modest cost resembles the Dräger gas-detection device (17). If we succeed in developing a measuring instrument from which in short-term sample-taking an adequately accurate measurement result can be quickly obtained, independent of the power network or even independent of electrical energy, and which can be used, moreover, without special transportation, we could readily review in a few days through the simultaneous use of several such instruments what the immission con-

(16) Herrmann, G.: Bestimmung und Herstellung kleiner SO_2-Konzentrationen in Luft (Determination and production of small SO_2 concentrations in the air), Wiss. Z. TU Dresden 1962, no. 3, mit Bericht und Vorträgen der III Internationalen Arbeitstagung forstlicher Rauchschadensachverständiger (with report and addresses from the III International Research Congress of Forest Smoke Damage Experts), Tharandt 1961.
(17) Dräger, H. and B.: Gasspürgerät Modell 19/31 DPB (Gas detection device, model 19/31 DPB), Prospectus P 2341, 11th ed., March 1960.

ditions are in the extensive area under study.

2. The methodology of extensive-area air examinations

Consideration of the methodology of extensive-area air examinations must be limited to the reporting of our own practical experiences, and this consideration cannot be initially compared with the methods applied by the other side, because nothing as yet has been reported on extensive-area air examination designed for forest smoke damage and wide-area diagnoses. Methodologically in our air measurement activities covering simultaneously severl 100 km^2 other ways had to be adopted than in the small-area measurements previously carried out. That this consideration of methodology of extensive-area air examinations is in particular concerned with the bell-jar method is explained, moreover, through our own set of circumstances (see 1.23). Liesegang (18) himself, about 10 years after his basic publication on the bell-jar method (19), analyzed its methodology so that the following considerations may be profitably added on to his.

2.1 The reliability of the bell-jar method

2.11 The zero determination

As is well-known the air in industrial-free, scarcely settled areas devoted solely to agriculture and forestry conatins in slight quantities sulfur, and the question of the origin of that sulfur will not be touched upon here. In the course of an air-measurement endeavor, lasting several woeks and conducted west of Altentreptow, we were recently able to confirm the sulfur value of 1 to 3 mg / 100 h discovered by Liesegang for such areas. The significance of a strict, comparative measurement standard, still usable today, in estimating the S-values found in smoke-afflicted areas is due to the zero value we found, because it was determined in the spring, which when compared with other seasons of the year is demonstrably marked by an increase in S-values in the air.

2.12 Test of the measurement results with bell-jars

Now as then voices are raised in criticism of the bell-jar method, pointing

(18) Liesegang, W.: Das Glockenverfahren. Ergebnisse von Luftuntersuchungen im Freien. (The bell-jar method. Results from air examinations in the open) Kleine Mitt. für Mitglieder des Vereins für Wasser-, Boden-, und Lufthygiene, E.V. 16 (1940), no. 4 and 6. (19) Liesegang, W.: see above (8).

to its lack of consistency in measurement results from sets of bell jars. Liesegang (21) also examined this question by subjecting sets of 3 jars to gas exposure under like conditions. We also conducted several times this control test on a substantially wider basis using sets of 28 jars and set the jars close to one another at 1 meter intervals from jar to jar in a rectangle or square. The deviation calculated by Liesegang (21) amounts to 6 or 7%. In our tests the S-value / 100 h in the sets had a range of 7.6 to 9.1%.

2.13 Contrast of the measuring results of various summation methods

This involved tests in which the Wahnsdorf Observatory commendably participated and which were conducted simultaneously in comparative form with Liesegang bell jars, barium patches, Cauer bulbs and glass-wool tubes following Mrose's method (22). The measurement results obtained reveal understandably -- aside from approaching homogeneity of the S-values found with Liesegang bell jars and with barium patches -- no agreement, because the air volume involved, during the 100-hour duartion, in the exposure to gas could not be recorded. In the meantime additional tests of the volume basis were introduced, through which the adsorption process of the filters of the Liesegang jar is compared with the SO_2 intake of our own air-washing device.

2.2 Preliminary research in extensive-area air examinations

Air analyses over wide areas presuppose a thorough knowledge of the area to be examined more than do analyses over smaller areas. In addition to the study of map documentstion, earlier air measurement results, if they are available, should also be referred to as much as possible. The air-analytical determinations made by Lingner, Hentschel and others (23, 24) on the landscape diagnoses of the German Democratic Republic have led to very informative delineations of air-pollution areas and zones and represent a very valuable piece of preliminary research for further air examinations over wide areas. The measurement results obtained in

(20) Liesegang, see above (8). (21) Liesegang, W.: see above (8). (22) Mrose, H.: Bestimmung atmosphärischer Spurenstoffe im Niederschlag (Determination of atmospheric tracer substances in precipiation), Z. f. Meteorologie (in print). (23) Lingner, R., and others. Landschaftsdiagnose der DDR (landscape diagnosis of the GDR), Dtsch. Bauakademie, VEB Verl. Technik, Berlin.

the process with the Scholz nuclear counter are identical, according to the basic determinations of Burckhardt (25), moreover with the air pollution conditions caused by SO_2. It can, therefore, be recommended to test through random samples the state of the air of the area to be examined before the start of the actual extensive-area air analyses. Having an overview of the terrain conditions in the area to be examined, over the distribution of forests and fields, over the location of emission sources in relation to the endangered forest, etc. includes indispensably the obtaining of complete data, as pertinent as possible, on the number and type of emissions from the smoke sources. Along with the orographic and climatic conditions of the immission area it is then not especially difficult to predict the relationships between emissions and immissions, particularly in the lowlands. Through the use of diffusion calculations it can be mathematically determined, given the appropriate conditions for individual and prominent smoke sources, at approximately what distance and in what concentration SO_2 admixtures to the air can be anticipated.

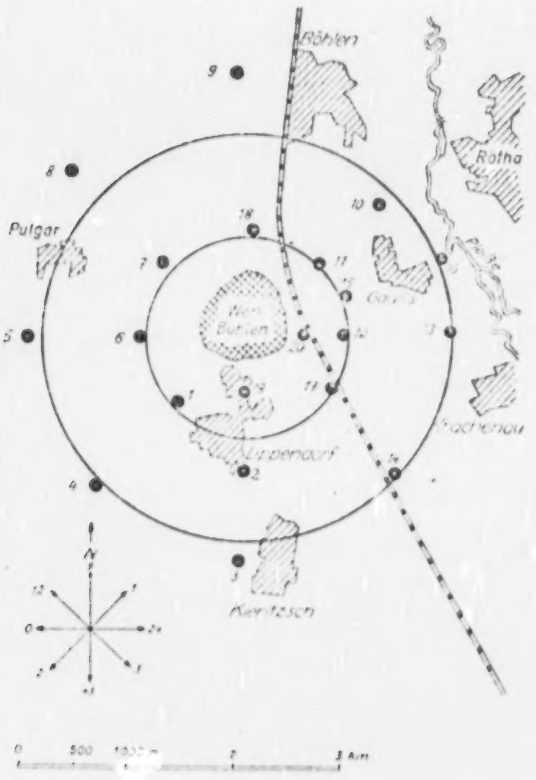
2.3 The conduct of extensive-area air examinations

2.31 The measuring point system

The immission conditions in Central Germany that were to be examined for the first time by wide-area analysis of the air and which are characterized by a frontal arrangement of smoke sources west of the major forest areas inevitably led to the replacement of the tested method, that of encircling one or more smoke sources with monitoring points (Ill. 1) as in small-area analysis, with a multiply staggered arrangement of monitoring points. Strictly speaking, a line of monitoring points ought to have been set up on the weather side of the industrial area in addition to the monitoring points laid out in the lee of the smoke sources. We were able to

(24) Hentschel, G.: Das Ausmass und die Ausbreitung von Immissionen in der Umgebung von Industrieanlagen (The extent and diffusion of immissions in the vicinity of industrial facilities), Industriebetrieb 1956, no. 10, p. 338. (25) Burckhardt, H.: Die physikalische Bedeutung der Kondensationskerne (The physical significance of condensation nuclei) Special print from treatise on the curative effects of baths and climate. pt. 1, no. 3, Berlin: Springer 1939.

dispense with the former line of monitoring points because the landscape on the weather side is almost unforested.



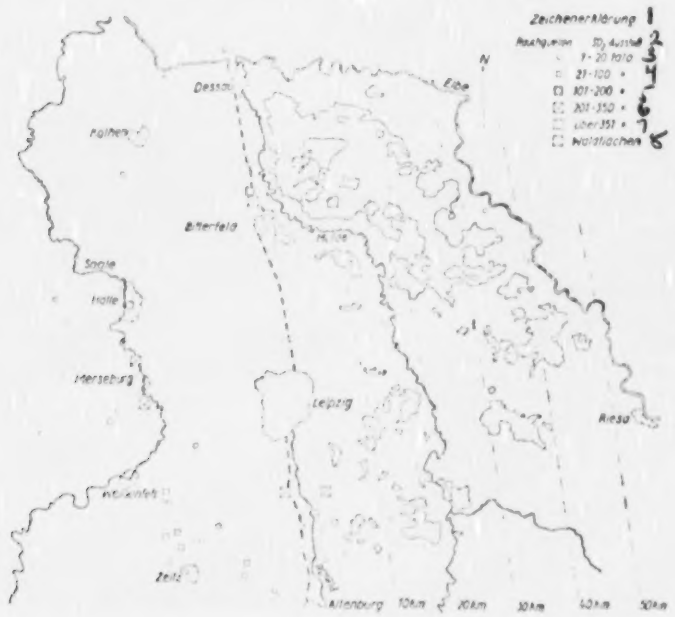
Ill. 1. Circular arrangement of the monitoring points for close-in (small area) air examination.

The selection of monitoring points is determined with appropriate regard for the orography, and the critical reference points for this selection are entirely different in the lowlands than in the hilly or mountainous landscape. By increasing the number of monitoring points the reliability and credibility of the measurement results obviously are enhanced provided that the monitoring begins simultaneously at all measuring points. In repeating the measurements, care should be taken that changes in the system are only undertaken on an individual basis and only when

necessary, because otherwise the repetitions lose their actual meaning. Experience shows that the S-values are greatly dependent on the site where the Liesegang jars are set up, and falsification of the measurement results can be caused, on a limited scale, by a vehicle passing the monitoring point, emissions from adjacent residences, and by other things. So long as the the atmospheric air does not have unimpeded access to the Liesegang jars, the comparability of the individual results is not reliable. Since the flow of the air layer just above ground is governed by the direction of the wind, the intensity of the wind, shape of the terrain, soil surface and convection and since the meteorological processes are subject to constant change, no generally valid prescription can be given for the suitable number of monitoring points. Practical experience must take precedence in such a prescription, so that the arrangement of the monitoring points about the terrain should be guided by the view that the permaent point monitoring is designed to record the topographically limited and meteorologically influenced fluctuations of the SO_2 in the air. This viewpoint was the determining factor in our not setting up (as a matter of principle) the Liesegang bell jars within the forests. The still as yet unclear notion of the so-called filtering effect of the forest was less a determining factor than rather the effect of the forest on the course of air masses flowing into the forest, something that Woelfle (26) detected. Since our forests are not unlimited in extent but are frequently broken up by agriculturally worked areas, there are always opportunities for setting up Liesegang bell jars on open surfaces near the forests. Only in exceptional cases were monitoring points placed at major clearings or in fire towers in the forest. The isolated use of observation towers and church steeples as monitoring points led -- no matter whether outside or within the forest area -- to the discovery of substantially higher S-values at the height of the structure than at ground level. Wentzel (27) made similar observations. Without anticipating the result of comparative measurements that use of the Ultragas

(26) Woelfle, M.: Wald und Windschutz (Forest and wind protection), Forstwissenschaftl. Centralblatt 1936, p. 429. (27) Wentzel, K. F.: Wald und Luftverunreinigung (Forest and air pollution), Landwirtschaft -- Angewandte Wissenschaft. Die Wirkungen des Waldes auf Mensch und Umwelt (Effects of the forest on man and the environment, no. 107, p. 156.

3 device introduces in the question, we base this finding primarily on the fact that the greater movement of the Liesegang jar filters produced by the action of the wind at the height of the tower leads to increased SO_2 adsorption as compared with near-ground adsorption.



Ill. 2. Frontal arrangement of the monitoring points for the extensive-area air examination leeward of the Central German brown-coal area, showing the sources of smoke. 1. Legend. 2. smoke sources SO_2 emissions. 3. 1 - 20 tons daily. 4. 21 - 100 tons daily. 5. 101 - 200 tons daily. 6. 201 - 350 tons daily. 7. more than 351 tons daily. 8. forested surfaces.

2. 32 The significance of weather influences during the conduct of the extensive-area air examinations

The recording of the influences of weather on the air-analytical result does not present any all too great difficulties in small-area examinations. Air measurement practice has used in time past the meteorological observation results of weather stations set up in the area under study. Substantially more difficult is the recording of weather influences on the results of air examinations via the bell-jar method, whose uniformity is enhanced by the extent of the area and the

100-hour duration of the examination. To the extent that the influences of weather are conditioned by the overall weather picture, their influences are approximately constant. The recording of these influences can be based, therefore, on the climate stations that are regularly involved in monitoring in the area under examination. It is, however, recommended that one test in each case to what extent such meteorological observation results can be termed as representative of the wider environs of the climate station. Since the wind direction is doubtlessly of special significance to the measurement results, at exposed monitoring points we measured the wind passage separately for the duration of the air measurements. For this we used the so-called wind-passage meters, based on the principle of Robinson's anemometer; it records the wind passage with a timing mechanism. For the interpretation of the measurement results, moreover, all weather factors must be recorded which have an influence on the atmospheric deaeration or ventilation. Besides wind direction and intensity, air temperature, air humidity, precipitation, fog formations, and changes in the cloud bank play a role. The transcending influence of wind in the measurement results we record through the calculation of a value which represents the product from the frequency of wind direction x wind intensity. Since the influence of weather factors on the measurement results displays seasonal variations, special attention must be given when air measurements are repeated. The well-known fact that the SO_2 admixtures to the air are lower in the summer than in other seasons as a consequence of more intense vertical air exchange was confirmed again in our air measurement results.

2.33 Procedural questions and results of an extensive-area air examination carried out in the area east of the West Saxon brown-coal region

We shall forego a detailed procedural description of the Liesegang bell-jar method, because the fundamentals of the method are set forth in the pertinent literature (28). If only an overview of the immission conditions of the extensive area under study can be obtained and if the monitoring process itself can be simply realized, then the greatest care in carrying out the chemical and analytical part of the task is advisable because otherwise the orographic and climatic influences

evident in the measuring results are erased by errors in analysis.

Special significance attaches to the careful moistening of the bell-jar filters during the 100-hour monitoring because the adsorption is hindered by dry filters or filters oversaturated with distilled water. The interpretation of the measurement results will become more convincing the more often repetations of the measurement are made. Intrinsic in this process is the repetition of air measurements under opposing weather conditions and their alternation during the individual seasons of the year. The start of the individual measurements, therefore, presupposes a liaison with with the weather forecasts. For assessing the toxicity of the individual measurement result, Heller's (29) comparative scale (see 1.23) offers a reliable basis, whereby the maxima of the S-values found distinguish the smoke danger more strikingly than the mean value of sulfur calculated from many belljar averages. Finally, the experiences, which are based on many years of air examinations with the bell-jar method, offer a very substantial aid in the pertinent interpretation of the measurement results. Enderlein reports in detail on the methods.

The first extensive-area air examination was conducted by us in 1960 in the area between the Leipzig - Altenburg rail line (west boundary) and the Mulde between Colditz and Wurzen (east boundary) (Ill. 2). The area comprises about 600 to 700 km^2. West of the Leipzig - Altenburg rail line there is situated an industrial area about 30 km in depth, where daily about 1300 tons of SO_2 and 40 tons of H_2S are emitted without even counting what comes from cottage industry, home heating, and transportation. Within the area under examination and eastward from it there are , in addition, still some 70 tons of SO_2 being emitted daily from industrial plant operations. The area examined is considered flatland and displays only in the NE section several elevated features rising 30 to 50 meters. The following wind

(28) Liesegang, W.: see above (8). (29) Heller, A.: see above (14). (30) Enderlein, H.: Welchen Einfluss haben die industriellen Emissionen auf das Kiefernsterben im Raum des Bezirks Leipzig? Teil II. Ergebnisse der durchgeführten Grossraumdiagnose. (What influence do the industrial emissions have on the death of Scotch pine trees in the area of the administrative district of Leipzig. Part 2. Results of an extensive-area diagnosis), Wiss. Z. TU Dresden (1962) no. 3, Report and addresses of the III International Congress of Forest Smoke Damage Experts, Tharandt, 1961.

direction frequencies were determined for the area under examination from many years of observation:

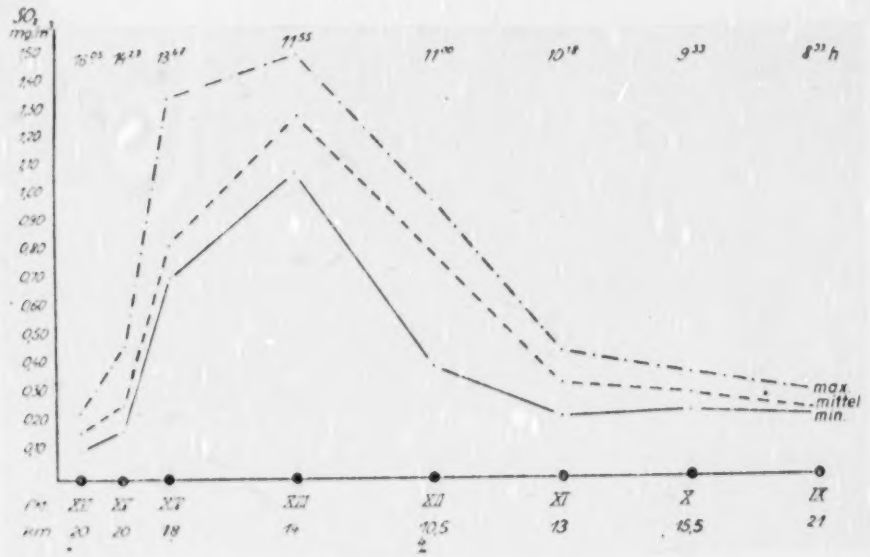
winds from N + NE + E + SE	= 35.9%
winds from S	= 15.2%
winds from SW + W + NW	= 46.0%
periods of calm	= 2.9%

The wind velocity amounts, on an average drwan from many years of measurements, to about 3 to 4 m/s. The monitoring point system comprised 21 monitoring points, which, organized into 3 lines of points, were fixed at distances of 5 to 10, 10 to 15, and 15 to 20 km east of the Leipzig - Altenburg rail line. First a preliminary measurement was run in February 1960, additional measurements followed in April and September. Each measurement extended to 4 to 5 successive monitoring periods of 96 hours each so that at the end 225 measurement results were available for this area. Several mobile monitoring programs with the Ultragas 3 device then followed in which the areal and profile distribution of the degree of air pollution, based on air volume, was obtained through mobile, short-term measurements (longitudinal profiles and cross-sections).

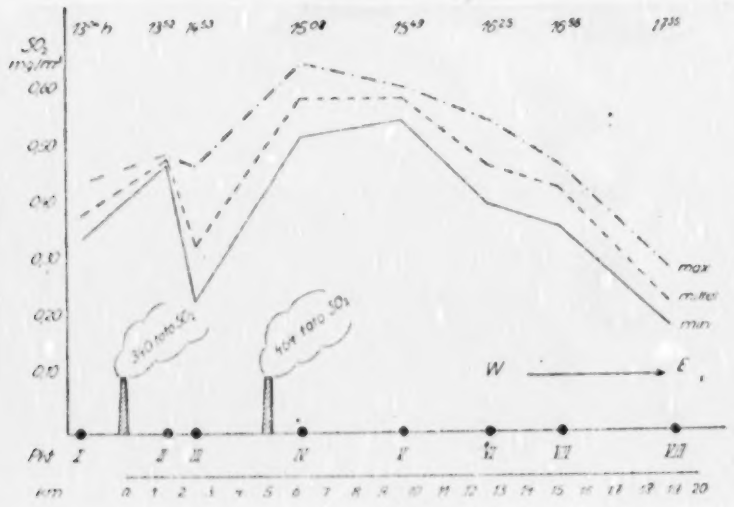
The result of this extended-area examination proved to be, sketching only its main features, as follows: For the air pollution of the area under examination, with reference to the high degree of wind direction frequency at the western sector (46%), the smoke source west of the Leipzig - Altenburg rail line can be held responsible. This was clearly shown from the S-value gradient dependent on the wind direction and the distance to the smoke sources. The influence of the seasonal weather conditions was reflected in the high S-values in February and also in April as contrasted with the reduced S-value in September (high-pressure weather conditions). In the case of strong and gusty winds especially high S-values were detected along the line of monitoring points nearest to the source of the smoke; these values quickly dropped along the adjoining line of monitoring points. With uniformly blowing winds of moderate velocity the S-values only dropped at a greater distance leeward of the emission front. The mobile measuring endeavors with Ultragas

3, coupled with the results obtained via the bell-jar method, contributed substantially to our obtaining a large overview of the immission conditions in the area under study (Ills. 3 and 4).

Accordingly the SO_2 level can be sought up to about 10 km leeward of the emission front in the case of a mean concentration of about 0.20 to 0.30 mg / m^3 when the wind comes from the west, which does not exclude the possibility that at this distance SO_2 concentration peaks between 0.50 up to 1.00 mg / m^3 and higher may occasionally occur. Even at a greater distance leeward of the emission front we were able to measure in places and for short periods very high SO_2 concentrations. Nonetheless, all measuring methods vouch for the fact that at greater distances from the emission front -- aside from the additional SO_2 admixture arising from industrial plants scattered throughout the area being examined -- the SO_2 content of the air drops on the average to below 0.20 mg / m^3.



Ill. 3. Measurement profile of a mobile air examination with the Ultragas-3 device in the area of Böhlen and Espenhain near Leipzig leewards in a W to E direction. Read all commas as decimal points. Pkt. = point. max. = maximum; mittel = average; min. = minimum.



Ill. 4. Measurement profile of a mobile air examination with the Ultragas 3 device eastward of the Leipzig - Altenburg rail line in an approximate SE to NW direction. Read all commas as decimal points. tato = tons daily; max. = maximum; mittel = average; min. = minimum; pkt. = point.

Address by:

Graduate Forester Felix Lampadius, scientific colleague in the professorship for forestry and forest protection, Tharandt.

Machine space limits Field 16 (Abstract), Field 17A (Descriptors), and Field 17B (Identifiers/Open-Ended Terms) to a total of 230 words.

2. Do not begin the abstract with This report, paper, etc. Use The instead.

3. Do not repeat the title.

4. Do not include project identification, contract numbers, etc.

5. Delete corporate identification and proprietary information.

6. Delete critical results or conclusions drawn solely by the author. For example, the rating of one manufacturer's product superior to another. Such information might be interpreted as Government support of the conclusions drawn.

7. Delete sensitive areas, such as cruelty to animals or laboratory use of animals.

8. Delete individual names, personalities, etc.

9. If the abstract refers to previous reports by earlier investigators or if the report is one of a series, insert the exact citation, if possible.

10. "Verbalize" nonmachineable symbols, such as Greek alphabet, degree signs, plus-or-minus signs, greater than or equal to signs, superscripts and subscripts.

11. Convert constants raised to N powers. For example, 2.2×10^6 should be converted to 2,200,000 rather than 2.2x1,000,000. The same philosophy applies to numbers raised to minus powers.

Field 13 (Type or Report and Period Covered)

The analyst can profit extensively from a previous analysis. Therefore, scan Field 13 to see if the report at hand is one of a series or a process report already processed and announced by NTIS. This information could also be found in Field 4. For example, "Part 3".

If a previous report exists in the NTIS collection, determine the accession number by consulting the corresponding entry in the GRA and incorporating the information into the abstract. The sentence structure or a statement may be added. Where it is not feasible to include the information in the body of the abstract, a statement reading "See Also PB-000 000" should be entered in Field 15.

Field 15 (Supplementary Notes)

A citation in this field indicating that the report was presented at a symposium or conference may be helpful in determining subject content. The "See Also" citation referred to in the preceding section can provide useful information as well.

Field 17 (Key Words and Document Analysis)

Field 17A (Descriptors)

Descriptors used are taken from a controlled-language thesaurus or authority

231033

Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden · 11 (1962) Heft 3 · Herausgeber: Der Rektor 1609-616

Fakultät für Forstwirtschaft / Publ.-Nr. 103
Professur für Forstwirtschaft und Forstschutz, N. N. (i. V. Prof. Dipl.-Ing. Rudolf Kleinert)
Als Manuskript gedruckt! DK 628.53:634.9
Eingang: 14. 11. 1961

TR. 75

Problematik und Methodik großräumiger Luftuntersuchungen[1])

Von Felix Lampadius

Neben der in vergangener Zeit häufig verzeichneten Rauchgefährdung des Waldes durch einzeln verstreut liegende Emissionsquellen hat in den letzten 2 bis 3 Jahrzehnten die Rauchgefährdung größerer Waldgebiete durch die Emissionen bestimmter Industrielandschaften merklich an Bedeutung gewonnen. Die Feststellung der Immissionsverhältnisse des rauchgeschädigten Waldes durch Luftuntersuchungen ist demzufolge aus dem bisherigen engräumigen Rahmen herausgetreten und hat großräumige Ausmaße, im Einzelfall bis zu mehreren 100 km², angenommen.

Die Aufgabe der forstlichen Rauchschadengroßraumdiagnose, die gebietsweise den dringenden therapeutischen Maßnahmen zur Minderung der Rauchgefährdung vorangehen muß, steht vor der Frage, großräumige Luftmessungen entweder langfristig stationär und kontinuierlich oder kurzfristig beweglich und diskontinuierlich durchzuführen. Wenn auch die Übertragbarkeit der Meßergebnisse auf den engeren oder weiteren Umkreis der Meßpunkte in beiden Fällen Einwände herausfordert, so mußte die Wahl der Meßmethode bisher weit mehr von den Einsatzmöglichkeiten für zweckentsprechende Meßgeräte als von den Prinzipien der Meßmethodik abhängig gemacht werden.

Die Fortführung der von Wislicenus entwickelten luftanalytischen Summationsmethode hat es zeitbedingt mit sich gebracht, daß die forstliche Rauchschadenforschung in Mitteldeutschland bisher an dieser Methode weiterhin festzuhalten veranlaßt war. Es hat sich ergeben, daß trotz der bekannten Schwäche dieser Methode, die Konzentrationsspitzen der Luftverunreinigung nicht klar zutage treten zu lassen, die Anwendung dieser Methode für großräumige Luftuntersuchungen mit speziell forstlicher Fragestellung große praktische Vorteile bietet. Dabei ist jedoch mit dieser Methode im Einzelfall nur ein großer Überblick über die Immissionsverhältnisse durch SO_2-Beaufschlagung großräumig verunreinigter Gebiete zu erlangen. Es hat sich bewährt, nach Vorliegen dieses Überblickes durch ergänzende, bewegliche diskontinuierliche Messungen herauszufinden, in welcher Entfernung zu den Rauchquellen und bis zu welcher Konzentration die Toxizitätsschwelle der gasigen Verunreinigung der Luft überschritten wird.

Einleitung

Etwa seit der Jahrhundertwende bedient sich die forstliche Rauchschadendiagnose neben der bis dahin im Vordergrund stehenden Analyse rauchgeschädigter Pflanzen der Luftuntersuchung. Bahnbrechend wirkte dabei Wislicenus [1], dem es gelang, den SO_2-Gehalt der Luft im Bereich des Waldes mit der Barytlappenmethode nachzuweisen.

Die Luftanalyse, die heute bei der Diagnose forstlicher Rauchschäden in der Regel den ersten Platz einnimmt, hat praktische Bedeutung als Beweismittel für die Ursache des Rauchschadens. Solange nur ein Emittent als Urheber forstlicher Rauchschäden zu überführen ist, stellt diese Beweissicherung im allgemeinen eine kleinräumige Aufgabe dar. Macht sich die Feststellung der Vorbelastung der Immission des Schadensgebietes notwendig oder besteht der Verdacht, daß für den Rauchschaden mehrere Emittenten als Urheber in Frage kommen, so beginnt die Luftuntersuchung aus dem kleinräumigen Rahmen herauszutreten.

In der Industrielandschaft, in der viele Industriebetriebe neben dem Hausbrand und den Verkehrseinrichtungen gleichzeitig an der Luftverunreinigung beteiligt sind, ist die luftanalytische Ermittlung der Urheber des Rauchschadens etwa im Sinne der exakten Beweissicherung für Schadenersatzregelungen außerordentlich erschwert. Demgegenüber ist die Frage in den Vordergrund getreten, welchen Grad die Luftverunreinigung in dergrtigen Gebieten großräumig erreicht hat und wie weitgehend die angrenzende industriefreie Landschaft durch diese Luftverunreinigung in Mitleidenschaft gezogen ist. Die darauf abgezielten großräumigen Luftuntersuchungen ermöglichen der Forstwirtschaft die Erfassung und die Bewertung des Standortsfaktors Rauch, schaffen im Hinblick auf die Projektierung neuer Rauchquellen in Waldesnähe Klarheit über den Status quo der Luftverunreinigung und führen nach Feststellung der Qualität und Quantität der Immissionsverhältnisse zu Entscheidungen über die Anwendung therapeutischer Maßnahmen zur Abwehr forstlicher Rauchschäden. Schließlich können aus den Ergebnissen der großräumigen Luftuntersuchungen im Bereich der Wälder Forderungen zur Eindämmung der Schadensursachen an den Rauchquellen abgeleitet werden.

Seit Kriegsende haben die forstlichen Rauchschäden besonders im mitteldeutschen Raum gebietsweise krisenartig zugenommen. Zu den klassischen Rauchschäden der Fichtenwälder am Fuße des Westerzgebirges sind – verursacht durch die Emissionen des tschechischen Braunkohlengebietes Dux-Brüx – weiträumige Rauchschäden in den Kammlagen des Osterzgebirges hinzugetreten. Die in den letzten Jahren ostwärts des westlichen Braunkohlengebietes weiträumig an der Kiefer beobachteten

[1]) Vortrag, gehalten anläßlich der III. Internationalen Arbeitstagung Forstlicher Rauchschadensachverständiger in Tharandt (24. bis 27. Juli 1961). Gekürzte Wiedergabe.

[1] Wislicenus, H.: Nachweis der schwefligen Säure in der Waldluft des Thüringer Waldes. Tharandt. Forstl. Jahrb. 48 (1898) S. 173.

Absterbeerscheinungen führten zu der Befürchtung, daß die Ursache dieser Schäden in den Emissionen des westlich vorgelagerten dicht besiedelten Industriegebietes zu suchen ist. Es ergaben sich demnach in zurückliegender Zeit ständig neue luftanalytische Aufgaben großräumigen Ausmaßes, bei denen es sich vorwiegend um die Ermittlung der Luftverunreinigung durch SO_2 handelte.

1 Die Problematik großräumiger Luftuntersuchungen

1.1 Die Aufgabenstellung

1.11 Die räumliche Abgrenzung der Aufgabe

Die ständige Zunahme der Luftverunreinigung und die Perspektiven unserer volkswirtschaftlichen Entwicklung ziehen die Idealforderung nach sich, in der Deutschen Demokratischen Republik ein Netz von Luftmeßstellen einzurichten, deren Aufgabe in der Ermittlung und ständigen Überwachung der Luftverunreinigung zu sehen ist. Die Verwirklichung dieser Idealforderung könnte sehr schnell zur Klärung beitragen, welche Waldgebiete z. Z. schon rauchgefährdet sind und für welche Waldgebiete solche Gefahr zukünftig befürchtet werden muß. Solange diese Möglichkeit eines ständigen Luftüberwachungsdienstes noch nicht gegeben ist, wird sich die forstliche Rauchschadendiagnose darauf beschränken müssen, zunächst qualitativ und quantitativ die Immissionsverhältnisse der innerhalb und im Umkreis der Industrielandschaften vorkommenden, zumeist schon ernstlich rauchgeschädigten Waldgebiete zu ermitteln. Unter der Verwirklichung des Industrialisierungsprogramms, von dem strenggenommen gegenwärtig nur der N-Teil der Deutschen Demokratischen Republik noch nicht oder nur wenig betroffen ist, sollte im Rahmen der forstlichen Rauchschadenforschung die Aufgabe großräumiger Luftuntersuchungen in der möglichst raschen Ermittlung der Luftverhältnisse aller mehr oder weniger rauchbeeinflußten Gebiete gesehen werden. Die Ermittlungsergebnisse können dann als Grundlage für den später aufzubauenden Luftüberwachungsdienst dienen. Neben ihrer Bedeutung für sofort einzuleitende therapeutische Maßnahmen gegen Rauchschäden vermitteln diese Ergebnisse wesentliche Unterlagen für die Tragbarkeit neu zu errichtender Industrieanlagen im Bereich der Waldgebiete und sind dafür geeignet, zum Gegenstand der Raumplanung überhaupt gemacht zu werden. Mit dieser Aufgabenstellung ist gleichzeitig ein wesentlicher Teil der forstlichen Rauchschaden-Großraumdiagnose abgegrenzt.

1.12 Die luftanalytische Zielsetzung

Neben der Abgrenzung und dementsprechenden Bedeutung großräumiger Luftuntersuchungen ist die luftanalytische Zielsetzung dieser Untersuchungen eine besonders problematische Frage. Mühlsteph [2] hatte sich bereits 1942, allerdings unter meßtechnisch inzwischen überholten Voraussetzungen, mit dieser Frage auseinandergesetzt.

Könnte man sich allein an die grundlegende Erkenntnis halten, daß Rauchschäden an den Waldbäumen eintreten, sobald der phytotoxisch wirkende Stoff die Toxizitätsschwelle überschritten hat, so wäre damit der luftanalytischen Messung ein engbegrenztes Ziel gesteckt. Da aber die Toxizitätsschwelle eines bestimmten Schadensstoffes art- und individualspezifisch bedingt wesentlichen Schwankungen unterworfen ist, da weiterhin entsprechend der Untersuchungsergebnisse von Van Haut und Stratmann [3] – außer der bekannten Abhängigkeit der Rauchempfindlichkeit der Waldbäume von Alter und Standort – Unterschiede der Rauchempfindlichkeit der Pflanze und ihrer einzelnen Teile abhängig vom jeweiligen Entwicklungsstadium bestehen, besitzt dieser Schwellenwert zweifellos immer eine nicht unbedeutende Streubreite. Außerdem ist noch ungeklärt, ob nicht auch die langfristige Summierung unterschwelliger Konzentrationswerte des Schadensstoffes zu Schäden an der Pflanze führen kann. Es erscheint darum zumindest als fraglich, ob allein durch Ermittlung der ab und zu längere oder kürzere Zeit auftretenden Konzentrationsspitzen der Immission des Untersuchungsgebietes für die Rauchgefährdung des Waldes ein Maßstab mit ausreichender Aussagekraft gefunden ist und ob nicht vielmehr auch die mittleren Konzentrationswerte der Luftverunreinigung für den Grad der großräumigen Luftverunreinigung kennzeichnend sind.

1.2 Die Wahl der luftanalytischen Methode

1.21 Die Verwendung kontinuierlich messender Geräte

Es ist denkbar, bei der Verwirklichung der Idealforderung der Einrichtung eines ständigen Luftüberwachungsdienstes die einzelnen staatlichen Forstwirtschaftsbetriebe mit einer mehr oder weniger großen Zahl von automatischen Registriergeräten auszustatten, die durch kontinuierliche stationäre Luftmessungen ständig die vorkommenden SO_2-Konzentrationen ermitteln. Solange die Beschaffung und fachmännische Wartung derartiger Luftmeßgeräte an z. Z. nicht erfüllbare finanzielle oder materielle Voraussetzungen geknüpft sind, wird zwangsläufig bei der Durchführung großräumiger Luftuntersuchungen von ständigen Messungen auf einem für dauernd einzurichtenden weiträumigen Meßpunktsystem Abstand genommen werden müssen. Die Ermittlung der Immissionsverhältnisse der sichtlich mehr und mehr durch Raucheinwirkungen in Mitleidenschaft gezogenen Waldgebiete ist im übrigen eine so unaufschiebbare Aufgabe, daß fürs erste kurzfristige Messungen genügen müssen, auch wenn dabei der Einfluß der jahreszeitlichen Klimaschwankungen auf das Meßergebnis nicht in jedem Falle einwandfrei erfaßt werden kann. Ernste Bedenken sind vorzubringen gegen die stationäre Verwendung nur einzelner kontinuierlich messender, automatisch registrierender Geräte zwecks Nachweis des großräumigen SO_2-Spiegels der Luft einer bestimmten Waldlandschaft. Die Übertragung dieser an einem oder an nur wenigen Meßpunkten mit automatischen Registriergeräten kurz- oder langfristig ermittelten absoluten SO_2-Werte auf die weitere Umgebung des einzelnen Meßpunktes würde unbeachtet lassen, daß der SO_2-Gehalt der bodennahen Luftschichten jeweils abhängig von der Entfernung zur Rauchquelle und außerdem orographisch bedingt meistens großen Schwankungen unterworfen ist. Die Überlegung, automatische Registriergeräte (z. B. Ultragas 3 der Firma Wösthoff [4]) mit dem Kraftfahrzeug beweg-

[2] Mühlsteph, W.: Wege zum chemischen Nachweis von Abgas- (Rauch-) Schäden mit besonderer Rücksicht auf den Wald. Tharandt. Forstl. Jahrb. **93** (1942) S. 631.

[3] Van Haut, H., und Stratmann, H.: Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung von SO_2 auf die Vegetation. Forschungsber. des Landes Nordrhein-Westfalen, Nr. 884. Westdtsch. Verl. Köln u. Opladen 1960.

[4] Wosthoff, H., o. H. G. Apparatebau — Bochum: Gasanalysen-Geräte. Prospekt 501-2, Ausgabe 0158, S. 5—6 (nicht veröffentlicht).

lich zu machen, besteht in der Theorie. Das Ergebnis der Meßfahrten, die wir mit diesem Gerät durchgeführt haben und bei denen wir uns durch Versorgung mit elektrischem Strom aus einem Akku während der Meßfahrt vom Netzanschluß unabhängig machen konnten, litt nicht nur durch die große Empfindlichkeit des Gerätes gegenüber Erschütterungen und Temperaturextremen, sondern setzte an jedem Punkt des Meßprofils außerdem einen hohen Zeitaufwand für die Nullpunkteinstellung vor Meßbeginn voraus. Abgesehen davon, daß dieser Geräteeinsatz unter großräumigen Bedingungen auch einen hohen materiellen und personellen Aufwand voraussetzt, führten diese Schwierigkeiten insofern zu unzureichenden Meßergebnissen, indem im Laufe eines Tages entweder nur wenige, dafür aber lange genug andauernde, aussagekräftige Messungen an nur einzelnen Meßpunkten durchgeführt werden konnten oder statt dessen viele unsichere Meßergebnisse infolge häufigen Meßpunktwechsels und deshalb zu kurzer Meßdauer erzielt wurden. Der lang- oder kurzfristige stationäre Einsatz anderer kontinuierlich messender, aber nicht automatisch registrierender Geräte liefert nur SO_2-Mittelwerte, ohne daß vorkommende Konzentrationsspitzen nach Zeit und Maß genau feststellbar sind. Auch bei dieser Meßmethode ergeben sich unter forstlichen Voraussetzungen Einsatzschwierigkeiten verschiedenster Art, die mit der Forderung, möglichst rasch zur Ermittlung der Immissionsverhältnisse der unter Raucheinwirkung stehenden Waldgebiete zu gelangen, nicht im Einklang stehen.

1.22 Die Verwendung diskontinuierlich messender Geräte

Mit dem Verzicht auf kontinuierliche Messungen begibt sich der luftanalytische Meßvorgang um so mehr unter den Einfluß zufälliger Einwirkungen der Witterung und der Orographie auf das Meßergebnis, je mehr es sich bei solchen Messungen um gelegentliche, kurzfristige Ermittlungen der Luftverunreinigung handelt. Von den diskontinuierlich messenden Geräten wird dem Mikroadsorber nach Stratmann [5] von der westdeutschen Rauchschadenforschung besondere Eignung für Luftmessungen im Waldbereich nachgesagt. Allerdings haftet auch diesem Meßgerät, das den SO_2-Gehalt der Luft in Milligramm bezogen auf das Luftvolumen (m^3) erfaßt, die Unzulänglichkeit an, daß SO_2-Konzentrationsspitzen nicht mit Sicherheit oder nur rein zufällig eindeutig nachzuweisen sind [6]. Unsere Probemessungen mit diesem Gerät haben zu der Feststellung geführt, daß bei geringen SO_2-Konzentrationen der Luft eine Probenahme von 100 l erfolgen muß, die bei Netzanschluß einen Zeitaufwand von 33 min und bei Batteriebetrieb von 45 bis 50 min erfordert. Das Gerät ist zwar wenig empfindlich gegen Erschütterungen und dergleichen, wie sie bei Meßfahrten im Walde nicht zu vermeiden sind, jedoch ist das Analysenverfahren nach unseren Wahrnehmungen störanfällig. Die Lösung der Aufgaben unserer großräumigen Luftuntersuchungen setzt die Anschaffung von etwa 10 bis 20 Stratmann-Geräten voraus, womit wir für absehbare Zeit nicht rechnen können. Für den Fall, daß eine der Ausdehnung des großräumigen Untersuchungsgebietes angemessene Zahl von Geräten eingesetzt werden könnte, müßte zur Festigung der Aussagekraft der Meßergebnisse der einzelne Meßvorgang sehr oft wiederholt werden. Das würde bei Einbeziehung des chemisch-analytischen Aufgabenteiles einen relativ hohen Zeitaufwand erfordern, dem schließlich ein Meßergebnis gegenübersteht, das trotz seiner Meßgenauigkeit (als mg SO_2/m^3) keine eindeutige Auskunft darüber gibt, ob, wann und wie lange der SO_2-Gehalt der Luft großräumig gesehen oberhalb der Toxizitätsschwelle gelegen hat.

1.23 Die Summationsmethode

Es liegt nahe, bei der Betrachtung der Problematik großräumiger Luftuntersuchungen praktischen Erfahrungen nachzugehen, wie sie sich im Laufe der Zeit bei Durchführung unserer Luftmeßaufgaben ergeben haben. Nach Wislicenus [7] hatte die Frage der Messung der Luftverunreinigung durch Liesegang [8] erneut einen Auftrieb erlebt. Die von ihm entwickelte Glockenmethode führt zur Ermittlung des S-Gehaltes der Luft eines bestimmten Meßpunktes, wobei dieser Wert in mg/100 h nachgewiesen wird. Als nach dem zweiten Weltkrieg 1954 in Tharandt die Rauchschadenfrage durch Prof. Dr. Zieger wieder zum Gegenstand von Lehre und Forschung gemacht worden war, entschied er sich zunächst mangels anderer luftanalytischer Möglichkeiten bei Vornahme von Luftuntersuchungen für Anwendung dieser Summationsmethode. Anläßlich der Polytechnischen Tagung der TH Dresden 1958 hat Pelz [9] bereits dargelegt, daß wir die Mängel der Glockenmethode treffend einzuschätzen vermögen. Inzwischen hat die Aufgabe der Großraumdiagnose in gewissem Sinne zwangsläufig zur Anwendung dieser Methode für großräumige Luftuntersuchungen geführt. Unbestreitbar liegt der Vorteil dieser Methode in der Möglichkeit, in relativ kurzer Zeit und mit relativ einfachen Mitteln durch gleichzeitige Messungen an sehr vielen Meßpunkten einen Überblick über großräumige Luftverunreinigungen zu gewinnen. Der gesamte Arbeitsaufwand für Außen- und Laborarbeiten ist einfach und prädestiniert die Glockenmethode aus praktischen Gründen für die großräumige Anwendung. Entscheidend spricht – im Vergleich mit der stationären oder beweglichen Luftmessung durch nur wenige Wösthoff- oder Stratmann-Geräte – für die Glockenmethode, daß eine nahezu unbegrenzte Zahl von Meßpunkten während der großräumigen Luftmessung ein und derselben Großwetterlage unterworfen ist und daß als variabler Faktor lediglich der Einfluß der Orographie auf das Meßergebnis des einzelnen Meßpunktes wirksam wird. Dadurch wird die Deutung der Meßergebnisse wesentlich vereinfacht. Daß den ermittelten S-Werten nicht zu entnehmen ist, welche während der 100stündigen Messung eingetretenen SO_2-Konzentrationen an ihrer Entstehung im einzelnen beteiligt gewesen sind, ist eine wesentliche Schwäche dieser Methode. Diese Unzulänglichkeit wiegt aber nach den Feststellungen von Pelz [10], der die Korrelation

[5] Stratmann, H.: Eine mikroanalytische Methode zur Bestimmung von Schwefeldioxyd in der Atmosphäre. Mikrochim. Acta 1954 H. 6.

[6] Stratmann, H.: Untersuchungen über den Schwefeldioxydgehalt bodennaher Luftschichten in der Umgebung von Steinkohlenkraftwerken. Mitt. VGB 1960 H. 57.

[7] Wislicenus, H.: a. a. O. [1].

[8] Liesegang, W.: Über die Verteilung schwefelhaltiger Abgase in freier Luft. Gesundheitsing. 1934 H. 48.

[9] Pelz, E.: Rauchschadendiagnose. Arch. f. Forstwesen 8 (1959) H. 8.

[10] Pelz, E.: Untersuchungen über die individuelle Rauchhärte von Fichten (Vorläufige Mitt.). Wiss. Z. TU Dresden 1962, H. 3, mit Bericht über Vorträge der III. Internationalen Arbeitstagung forstlicher Rauchschadensachverständiger, Tharandt 1961.

zwischen hohen S-Werten und starken Schäden an Fichtennadeln beweisen konnte, nicht so schwer, daß man die Glockenmethode deshalb als unbrauchbar abtun muß. Auf den chemischen Vorgang der Glockenmethode sprechen – wie übrigens auch beim Ultragas 3 der Firma Wosthoff und beim Stratmann-Gerät – nicht nur der SO_2-Gehalt der Luft, sondern auch andere in der atmosphärischen Luft vorkommende schwefelhaltige Verbindungen an. Dem ist die Feststellung von Meetham [11] entgegenzuhalten, daß der Anteil des in der atmosphärischen Luft vorhandenen SO_3 und H_2S 1 bis 2 % des SO_2-Gehaltes der Luft nicht übersteigt und daß das in der Luft vorhandene SO_3 und H_2SO_4 sich aus SO_2 herleitet. Aus diesen Gründen ist es unzulässig, die mit der Glockenmethode gefundenen S-Werte in SO_2 umzurechnen. Den Mangel, daß die Glockenmethode nichts darüber aussagt, auf welchen SO_2-Konzentrationen je Luftvolumen die gefundenen S-Werte beruhen, hat Liesegang [12] durch Aufstellung einer Gefährlichkeitsskala ausgeglichen, die jedoch den neuesten Erkenntnissen über die Toxizität des SO_2, besonders im Hinblick auf die Nadelhölzer [13], nicht mehr gerecht wird. Unter Berufung auf Erfahrungen der Luftmeßpraxis hat Heller [14] die Bedeutung der mit der Glockenmethode gefundenen S-Werte eingehend behandelt und dabei auf Grund von vergleichenden Messungen mit dem kolorimetrischen Verfahren von Zepf und Vetter [15] den S-Werten/100 h die entsprechenden SO_2-Werte/m³ Luft gegenübergestellt. Nach unseren Erfahrungen, die wir im Laufe vieler Jahre bei der Anwendung der Glockenmethode immer wieder bestätigt fanden, erfüllt diese Methode bei der Anwendung für großräumige Luftuntersuchungen ihren Zweck insoweit, als sie zu einem Überblick über die Immissionsverhältnisse des Untersuchungsgebietes führt. Allerdings setzt ein derartiges Ergebnis voraus, daß bei der Anlage dieser großräumigen Luftuntersuchungen der Vielfältigkeit der Einflüsse der Witterung und der Orographie eingehende Beachtung geschenkt wird und daß die Messungen möglichst nach Jahreszeiten abgestuft wiederholt durchgeführt werden. Ist durch diese Methode dann ein Überblick über die Immissionsverhältnisse des Untersuchungsgebietes herbeigeführt, wird der zusätzliche Einsatz einzelner kontinuierlich messender, möglichst automatisch registrierender Meßgeräte dazu beitragen können, weitere Klarheit über vorkommende SO_2-Konzentrationsspitzen herbeizuführen.

1.24 Anforderungen an für großräumige Luftuntersuchungen geeignete Meßgeräte

Herrmann [16] hat im einzelnen präzisiert, welche chemischen und technischen Eigenschaften das Luftmeßgerät haben muß, mit dem zukünftig Aufgaben großräumiger Luftuntersuchungen zu erfüllen sind. Da die Beschaffung moderner Luftmeßgeräte in zurückliegender Zeit häufig einschneidenden kommerziellen Behinderungen ausgesetzt war und die Verwendung derartiger besonders empfindlicher Geräte bei Luftmessungen im Walde immer mit Risiken verbunden ist, sollte die Entwicklung der für forstliche Luftmessungen geeigneten Geräte die materielle und konstruktive Frage dahingehend überdenken, daß neben den Forderungen zur Empfindlichkeit, Selektivität und Meßgenauigkeit die Forderung einfachster Bauart dem speziellen forstlichen Verwendungszweck entsprechend zu erfüllen ist. Uns schwebt als Perspektive ein Meßgerät vor Augen, das hinsichtlich der einfachen Handhabung und überhaupt nicht erwähnenswerten Aufwendigkeit etwa dem Dräger-Gasspürgerät [17] ähnelt. Gelingt es, ein Meßgerät zu entwickeln, an dem unabhängig vom Stromnetz oder sogar unabhängig von elektrischer Energie bei kurzzeitiger Probenahme sofort anschließend ein genügend genaues Meßergebnis abgelesen werden kann, ist dieses Gerät außerdem ohne irgendwelchen Einsatz von Transportmitteln zu verwenden, so wird bei gleichzeitiger Benutzung mehrerer gleicher Geräte in wenigen Tagen ohne weiteres zu übersehen sein, wie sich die Immissionsverhältnisse eines großräumigen Untersuchungsgebietes verhalten. Der weiteren Vertiefung dieser Ergebnisse durch kontinuierliche Messungen mit diesem oder jenem Meßgerät ist danach jeder Weg offen.

2 Die Methodik großräumiger Luftuntersuchungen

Die Betrachtung der Methodik großräumiger Luftuntersuchungen muß sich auf die Berichterstattung über eigene praktische Erfahrungen beschränken und kann diese mit den von anderer Seite angewandten Methoden deshalb nicht kritisch vergleichen, weil über großräumige Luftuntersuchungen zum Zwecke der forstlichen Rauchschaden-Großraumdiagnose anderweit bisher noch nichts berichtet worden ist. Denn methodisch mußten bei unseren sich gleichzeitig über mehrere 100 km² erstreckenden Luftmessungen andere Wege eingeschlagen werden als bei den kleinräumigen Messungen bisheriger Luftuntersuchungen. Daß sich diese Betrachtung der Methodik großräumiger Luftuntersuchungen im speziellen mit der Glockenmethode befassen wird, ist im übrigen durch die für uns bestehende Sachlage gegeben (siehe 1.23). Liesegang [18] hat sich selbst etwa 10 Jahre nach seiner grundlegenden Veröffentlichung über die Glockenmethode [19] mit deren Methodik auseinandergesetzt, so daß die folgenden Betrachtungen zweckmäßig daran anknüpfen.

2.1 Die Zuverlässigkeit der Glockenmethode

2.11 Die Nullwertermittlung

Bekanntlich enthält die Luft in industriefreien, kaum besiedelten, rein land- oder forstwirtschaftlich genutzten Gebieten in geringen Mengen Schwefel, wozu die Frage der Herkunft dieses Schwefels hier unberührt bleiben soll. Den von Liesegang [20] für solche Gebiete festgestellten

[11] Zit. bei Stratmann: a. a. O. [5].
[12] Liesegang, W.: a. a. O. [8].
[13] Keller, H.: Beitrage zur Erfassung der durch schweflige Säure hervorgerufenen Rauchschaden an Nadelholzern. Forstwirtschaftl. Forschungen 1958 H. 10.
[14] Heller, A.: Verfahren zur Untersuchung der Außenluft und deren Bedeutung für die Lufthygiene. Schriftenr. d. Vereins f. Wasser-, Boden- und Lufthygiene. Berlin-Dahlem 1955 Nr. 10.
[15] Zepf, K., und Vetter, F.: Eine einfache Schnellmethode zur Bestimmung des Schwefeldioxyds in der Luft. Mikrochemie 1930, Emich-Festschr.
[16] Herrmann, G.: Bestimmung und Herstellung kleiner SO_2-Konzentrationen in Luft. Wiss. Z. TU Dresden 1962, H. 3, mit Bericht und Vorträgen d r III. Internationalen Arbeitstagung forstlicher Rauchschadensachverständiger, Tharandt 1961.
[17] Dräger, H. und B.: Gasspürgerät Modell 19/31 DBP. Prospekt P 2341, 11. Aufl., März 1960.
[18] Liesegang, W.: Das Glockenverfahren. Ergebnisse von Luftuntersuchungen im Freien. Kleine Mitt. für die Mitglieder des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, E. V. 16 (1940) H. 4 und 6.
[19] Liesegang, W.: a. a. O. [8].
[20] Liesegang, W.: a. a. O. [8].

S-Wert von 1 bis 3 mg/100 h konnten wir im Laufe einer mehrere Wochen andauernden Luftmessung westlich von Altentreptow in Mecklenburg kürzlich bestätigen. Diesem von uns gefundenen Nullwert kommt die Bedeutung eines strengen, auch heute noch brauchbaren Vergleichsmaßstabes bei der Einschätzung der in rauchbeeinflußten Gebieten gefundenen S-Werte zu, weil er im Frühjahr gefunden worden ist, das sich nachweislich verglichen mit anderen Jahreszeiten durch erhöhte S-Werte der Luft auszeichnet.

2.12 Prüfung der Meßergebnisse von Glockenkollektiven

Nach wie vor werden Stimmen laut, die in ihrer Kritik gegenüber der Glockenmethode auf nicht übereinstimmende Meßergebnisse von Glockenpaaren hinweisen. Liesegang [21] hat auch diese Frage untersucht, indem er Kollektive von 3 Glocken gleichen Bedingungen der Begasung ausgesetzt hat. Wir haben diese Kontrolluntersuchung auf wesentlich breiterer Basis mit Kollektiven von 28 Glocken mehrmals durchgeführt und dabei die Glocken engräumig mit 1 m Abstand von Glocke zu Glocke in einem Rechteck bzw. Quadrat aufgestellt. Die von Liesegang [21] berechnete Abweichung beträgt 6 bzw. 7 %. Bei unseren Untersuchungen streute der S-Wert/100 h im Kollektiv mit 7,6 bzw. 9,1 %.

2.13 Gegenüberstellung der Meßergebnisse verschiedener Summationsmethoden

Hierbei handelt es sich um Untersuchungen, an denen sich das Observatorium Wahnsdorf dankenswerterweise beteiligte und die gleichzeitig in vergleichender Form mit Liesegang-Glocken, Barytlappen, Cauer-Kugel und Glaswollröhrchen nach Mrose [22] durchgeführt wurden. Die dabei bisher erzielten Meßergebnisse lassen erklärlicherweise – abgesehen von annähernder Homogenität der mit Liesegang-Glocken und mit Barytlappen gefundenen S-Werte – keine Übereinstimmung erkennen, weil das während der Dauer von 100 h an der Begasung der Liesegang-Glocken beteiligte Luftvolumen nicht zu erfassen war. Inzwischen sind weitere Untersuchungen auf der Volumenbasis eingeleitet, durch die der Adsorptionsvorgang der Filter der Liesegang-Glocken mit der SO_2-Aufnahme eines Luftwaschgerätes verglichen wird.

2.2 Vorarbeiten zu großräumigen Luftuntersuchungen

Mehr noch als kleinräumige setzen großräumige Luftuntersuchungen die eingehende Erkundung des Untersuchungsgebietes voraus. Außer dem Studium der Kartenunterlagen soll dabei, soweit vorhanden, möglichst auf frühere Luftmeßergebnisse zurückgegriffen werden. Die durch Lingner, Hentschel u. a. [23, 24] zur Landschaftsdiagnose der Deutschen Demokratischen Republik erzielten luftanalytischen Feststellungen haben zu sehr aufschlußreichen Abgrenzungen von Luftverunreinigungsgebieten und -zonen geführt und stellen eine sehr wertvolle Vorarbeit für weitere großräumige Luftuntersuchungen dar. Die dabei mit dem Scholzschen Kernzähler erzielten Meßergebnisse decken sich entsprechend der grundlegenden Feststellungen von Burckhardt [25] im übrigen mit den Verhältnissen der Luftverunreinigung durch SO_2. Es ist darum zu empfehlen, vor Beginn der eigentlichen großräumigen Luftuntersuchungen den Luftzustand des Untersuchungsgebietes stichprobenweise mit dem Kernzähler zu testen. Die Beschaffung eines Überblickes über die Geländeverhältnisse des Untersuchungsgebietes, über die Verteilung von Wald und Feld, über die Lage der Emissionsquellen gegenüber dem gefährdeten Wald usw. schließt unerläßlicherweise die Beschaffung möglichst zutreffender und lückenloser Angaben über Menge und Art der Emissionen der Rauchquellen in sich. In Verbindung mit den orographischen und klimatischen Verhältnissen des Immissionsgebietes ist es dann, besonders in der Ebene, nicht besonders schwierig, die Zusammenhänge zwischen Emissionen und Immissionen vorauszusagen. Durch Anwendung der Ausbreitungsrechnung läßt sich unter entsprechenden Voraussetzungen für einzelne an Bedeutung hervortretende Rauchquellen rechnerisch feststellen, bis in welche Entfernung und in welcher Konzentration SO_2-Beaufschlagungen der Luft annähernd zu erwarten sind.

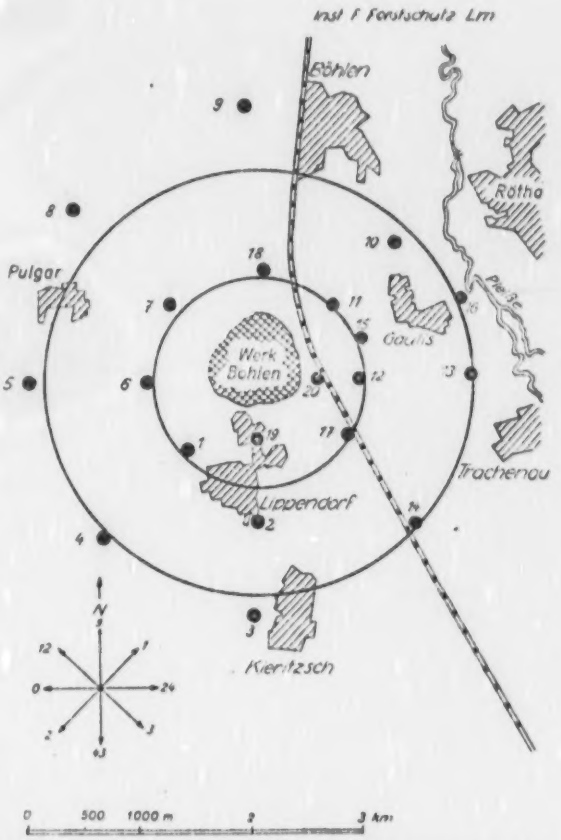


Bild 1 Kreisförmige Anordnung der Meßpunkte für eine engräumige Luftuntersuchung

[21] Liesegang, W.: a. a. O. [18].
[22] Mrose, H.: Bestimmung atmosphärischer Spurenstoffe im Niederschlag. Z. f. Meteorologie, im Druck.
[23] Lingner, R., u. a.: Landschaftsdiagnose der DDR. Disch. Bauakademie, VEB Verl. Technik, Berlin.
[24] Hentschel, G.: Der Anteil der Aufbereitung von Immissionen in der Umgebung von Industrieanlagen. Industriebetrieb 1956 H. 10 S. 328.
[25] Burckhardt, H.: Die physikalische Bedeutung der Kondensationskerne. Sonderdr. aus Abhandl. aus dem Gebiet der Bäder- und Klimaheilkunde. I. Teil H. 3. Berlin: Springer 1930.

2.3 Die Durchführung großräumiger Luftuntersuchungen

2.31 Das Meßpunktsystem

Die mitteldeutschen Immissionsverhältnisse, die erstmalig durch eine großräumige Luftmessung zu untersuchen waren und die durch eine frontale Anordnung der Rauchquellen westlich größerer Waldgebiete gekennzeichnet sind, führten zwangsläufig dahin, die bisher bei kleinräumigen Luftuntersuchungen bewährte Einkreisung einer oder mehrerer Rauchquellen mit Meßpunkten (Bild 1) durch eine frontale, mehrfach gestaffelte Anordnung der Meßpunkte zu ersetzen (Bild 2). Strenggenommen hätte neben dieser Meßpunktanordnung im Lee der Rauchquellenfront auch eine Meßpunktfront im Luv des Industriegebietes vorgesehen werden müssen. Da die luvwärts liegende Landschaft jedoch nahezu unbewaldet ist, konnte darauf verzichtet werden.

Die Auswahl der Meßpunkte wird entscheidend durch die Orographie bestimmt, und die dafür ausschlaggebenden Gesichtspunkte sind im Flachland völlig anders als im Hügelland oder im Gebirge. Mit der Erhöhung der Meßpunktzahl wächst selbstredend die Zuverlässigkeit und Aussagekraft der Meßergebnisse, wobei die Erhöhung der Meßpunktzahl allerdings davon abhängig zu machen ist, daß einsatzmäßig bei sämtlichen Meßpunkten die Messung immer gleichzeitig beginnt. Bei der Wiederholung der Messungen möchten Änderungen des Meßpunktsystems nur vereinzelt im Notfall vorgenommen werden, weil andernfalls die Wiederholungen ihren eigentlichen Sinn verlieren. Erfahrungsgemäß zeigen die S-Werte große Abhängigkeit vom Aufstellungsort der Liesegang-Glocken, und Verfälschungen der Meßergebnisse können engräumig durch unmittelbar am Meßpunkt vorbeifahrende Verkehrsmittel, durch Exhalationen benachbarter Wohnhäuser u. a. verursacht werden. Solange nicht bei allen Liesegang-Glocken der ungehinderte Zutritt der atmosphärischen Luft gewährleistet ist, ist die Vergleichbarkeit der einzelnen Meßergebnisse nicht mehr gesichert. Da die Strömung der bodennahen Luftschicht von Windrichtung, Windstärke, Geländegestalt, Bodenoberfläche und Konvektion gesteuert wird und da die meteorologischen Vorgänge hierbei ständigem Wechsel unterworfen sind, kann für die geeignete Wahl der Meßpunkte kein allgemeingültiges Rezept gegeben werden. An die Stelle des Rezeptes müssen praktische Erfahrungen treten, wobei sich die Anordnung der Meßpunkte im Gelände durch die Absicht leiten lassen soll, daß die Festpunktmessung die geländebedingten und wetterbeeinflußten Schwankungen der SO_2-Beaufschlagung der Luft erfassen will. Besonders dieser Gesichtspunkt war dafür bestimmend, daß wir Liesegang-Glocken grundsätzlich nicht im Waldesinnern aufgestellt haben. Für uns war dabei weniger die im einzelnen noch unklare Vorstellung von der sogenannten Filterwirkung des Waldes bestimmend als vielmehr die durch Woelfle [26] nachgewiesene Wirkung des Waldes auf den Verlauf der auf den Wald zuströmenden Luftmassen. Da unsere Wälder sich nicht unbegrenzt ausdehnen, sondern häufig durch landwirtschaftlich genutzte Flächen unterbrochen werden, bieten sich ständig Möglichkeiten für Aufstellung von Liesegang-Glocken auf freien Flächen in Waldesnähe. Nur ausnahmsweise wurden Meßpunkte auf größeren Kahlschlagflächen oder auf Feuerwachtürmen im Walde festgelegt. Die vereinzelte Benutzung von Aussichts- und Kirchtürmen als Luftmeßpunkte führte – ganz gleich, ob außer- oder innerhalb des Waldbereiches – zur Feststellung wesentlich höherer S-Werte in Turmhöhe gegenüber Bodennähe. Ähnliche Feststellungen hat Wentzel [27] gemacht. Ohne das Ergebnis der zu dieser Frage eingeleiteten vergleichenden Messungen mit dem Ultragas 3 vorwegzunehmen, begründen wir diese Feststellung zunächst so, daß die in Turmhöhe durch Windeinwirkung

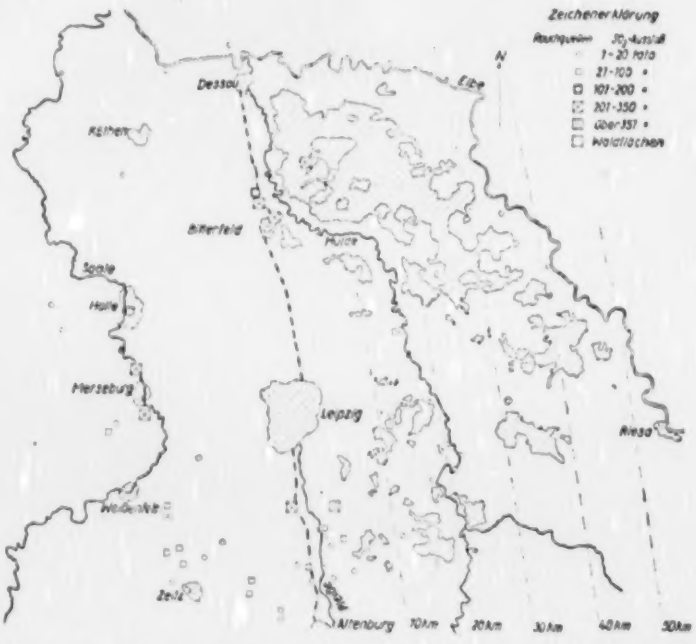


Bild 2 Frontale Anordnung der Meßpunkte für die großräumige Luftuntersuchung leewärts des mitteldeutschen Braunkohlengebietes mit Darstellung der Rauchquellen

hervorgerufene stärkere Bewehung der Filter der Liesegang-Glocken zu einer stärkeren SO_2-Adsorption gegenüber Bodennähe führt.

2.32 Die Bedeutung der Witterungseinflüsse bei Durchführung großräumiger Luftuntersuchungen

Die Erfassung der Witterungseinflüsse auf das luftanalytische Ergebnis bietet bei kleinräumigen Luftuntersuchungen keine allzu großen Schwierigkeiten. Die Luft-

[26] Woelfle, M.: Wald und Windschutz. Forstwissenschaftl. Centralbl. 1936 S. 429.

[27] Wentzel, K. F.: Wald und Luftverunreinigung. Landwirtschaft — Angewandte Wissenschaft. Die Wirkungen des Waldes auf Mensch und Umwelt. Nr. 107 S. 136.

meßpraxis hat sich dabei in zurückliegender Zeit der meteorologischen Beobachtungsergebnisse eigener im Untersuchungsgebiet errichteter Wetterbeobachtungsstellen bedient. Wesentlich schwieriger ist die Erfassung der Witterungseinflüsse auf die Ergebnisse großräumiger Luftuntersuchungen mit der Glockenmethode, deren Einheitlichkeit durch die Großräumigkeit und die 100stündige Dauer der Untersuchung aufgehoben wird. Soweit die Witterungseinflüsse durch die Großwetterlage bedingt sind, ist ihr Einfluß auf die Luftmeßergebnisse annähernd gleich. Die Erfassung dieser Einflüsse kann sich darum auf Klimastationen stützen, die im engeren Bereich des Untersuchungsgebietes regelmäßig beobachten. Es empfiehlt sich allerdings, in jedem Falle zu prüfen, inwieweit derartige meteorologische Beobachtungsergebnisse als repräsentativ auch für die weitere Umgebung der Klimastation bezeichnet werden können. Da zweifellos die Windrichtung auf das Meßergebnis von besonderer Bedeutung ist, haben wir an exponierten Meßpunkten für die Dauer der Luftmessung vereinzelt den Winddurchlauf gemessen. Wir bedienten uns dabei der sogenannten Windwegmesser, die, auf dem Prinzip der Schalenkreuzanemometer beruhend, den Winddurchlauf mit Uhrwerk registrieren. Für die Deutung der Meßergebnisse sind im übrigen alle Witterungsfaktoren zu erfassen, die auf die atmosphärische Ent- und Belüftung von Einfluß sind. Außer Windrichtung und Windstärke rechnen dazu Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag, Nebelbildung und Veränderungen des Wolkenfeldes. Den überragenden Einfluß des Windes auf die Meßergebnisse erfassen wir durch Berechnung eines Wertes, der das Produkt aus Häufigkeit der Windrichtung × Windstärke darstellt. Da der Einfluß der Witterungsfaktoren auf die Meßergebnisse jahreszeitliche Unterschiede ergibt, muß dem bei Wiederholung der Luftmessungen besondere Beachtung geschenkt werden. Die bekannte Tatsache, daß infolge stärkeren vertikalen Luftaustausches die SO_2-Beaufschlagung der Luft im Sommer niedriger als in den anderen Jahreszeiten ist, wurde durch unsere Meßergebnisse erneut bestätigt.

2.33 Verfahrensfragen und Ergebnisse einer im Gebiet ostwärts des westsächsischen Braunkohlengebietes durchgeführten großräumigen Luftuntersuchung

Es wird davon abgesehen, die Liesegang-Glockenmethode verfahrensmäßig im einzelnen zu beschreiben, weil dies in der einschlägigen Literatur [28] grundlegend erfolgt ist. Wenn mit der Glockenmethode auch nur ein Überblick über die Immissionsverhältnisse großräumiger Untersuchungsgebiete herbeigeführt werden kann und wenn der Meßvorgang selbst dabei einfach zu bewerkstelligen ist, so ist bei Vornahme des chemisch-analytischen Aufgabenteiles größte Sorgfalt geboten, weil andernfalls die in den Meßergebnissen zutage tretenden orographischen und klimatischen Einflüsse durch Analysenfehler verwischt werden. Der sorgfältigen Benetzung der Glockenfilter während der 100stündigen Meßdauer kommt deshalb besondere Bedeutung zu, weil der Adsorptionsvorgang bei eingetrockneten und ebenso bei mit Aqua dest. übersättigten Filtern gehemmt ist. Die Deutung der Meßergebnisse wird um so mehr überzeugen können, je mehr Wiederholungen der Messung vorliegen. Wesentlich ist hierbei die Wiederholung der Luftmessungen bei gegensätzlichen Witterungsvoraussetzungen und abwechselnd während der einzelnen Jahreszeiten. Die Inangriffnahme der einzelnen Messungen setzt darum die Fühlungnahme mit der Wetterprognose voraus. Für die Beurteilung der Toxizität des einzelnen Meßergebnisses bietet die Vergleichsskala von Heller [29] (siehe 1.23) einen zuverlässigen Anhalt, wobei die Maxima der gefundenen S-Werte die Rauchgefahr treffender kennzeichnen als ein aus vielen Glockenwerten errechneter S-Mittelwert. Schließlich sind auch hierbei Erfahrungen, die sich auf langjährige Luftuntersuchungen mit der Glockenmethode berufen können, eine sehr wesentliche Handhabe für die zutreffende Deutung der Meßergebnisse. Wie dabei im einzelnen vorzugehen ist, berichtet Enderlein [30].

Die erste großräumige Luftuntersuchung wurde von uns 1960 im Gebiet zwischen Eisenbahnlinie Leipzig–Altenburg (Westgrenze) und Mulde zwischen Colditz und Wurzen (Ostgrenze) durchgeführt (Bild 2). Dieses Gebiet umfaßt etwa 600 bis 700 km². Westlich der Eisenbahnlinie Leipzig–Altenburg liegt ein Industriegebiet von etwa 30 km Tiefe, in dem ohne Kleinindustrie, Hausbrand und Verkehrseinrichtungen täglich rd. 1300 t SO_2 und 40 t H_2S emittiert werden. Innerhalb und ostwärts des Untersuchungsgebietes kommen aus wesentlichen Industriebetrieben außerdem noch 70 tato SO_2 zum Ausstoß. Das Untersuchungsgebiet rechnet zum Flachland und zeigt nur im NE-Teil einzelne, das Flachland 30 bis 50 m überragende Höhenzüge. Durch langjährige Beobachtungen wurden für das Untersuchungsgebiet folgende Windrichtungsfrequenzen festgestellt:

Winde aus N + NE + E + SE	= 35,9 %
Winde aus S	= 15,2 %
Winde aus SW + W + NW	= 46,0 %
Calmen	= 2,9 %

Die Windgeschwindigkeit beträgt als langjähriges Mittel etwa 3 bis 4 m/s. Das Meßpunktsystem umfaßte 21 Meßpunkte, die, in drei Meßpunktfronten aufgegliedert, 5 bis 10, 10 bis 15 und 15 bis 20 km ostwärts der Eisenbahnlinie Leipzig–Altenburg festgelegt wurden. Zunächst wurde eine vorläufige Messung im Februar 1960 durchgeführt, der weitere Messungen im April und September 1960 folgten. Jede Messung erstreckte sich auf vier bis fünf unmittelbar aufeinanderfolgende Meßdurchgänge von je 96 h, so daß schließlich für dieses Untersuchungsgebiet 225 Meßergebnisse zur Verfügung standen. Diesen Luftmessungen schlossen sich im Winter und Frühjahr 1961 mehrere Meßfahrten mit dem Ultragas 3 an, bei denen durch bewegliche, kurzfristige Messungen (Längs- und Querprofile) die flächenmäßige und profilmäßige Verteilung der Luftverunreinigungsgrade, bezogen auf das Luftvolumen, ermittelt wurde.

Das Ergebnis dieser großräumigen Luftuntersuchung stellt sich, in großen Zügen geschildert, wie folgt dar: Für die Luftverunreinigung des Untersuchungsgebietes sind im Hinblick auf die hohe Windrichtungsfrequenz des Westsektors (46 %) die Rauchquellen westlich der Eisenbahnlinie Leipzig–Altenburg verantwortlich zu machen.

---

[28] Liesegang, W.: a. a. O. [8].

[29] Heller, A.: a. a. O. [11].

[30] Enderlein, H.: Welchen Einfluß haben die industriellen Emissionen auf das Kiefernsterben im Raum des Bezirks Leipzig? Teil II. Ergebnisse der durchgeführten Großraumdiagnose. Wiss. Z. TU Dresden (1962) H. 3, Berichte und Vorträge der III. Internationalen Arbeitstagung forstlicher Rauchschadensachverständiger, Tharandt 1961.

Dies ergab sich eindeutig aus dem S-Wertgefälle abhängig von Windrichtung und Entfernung zu den Rauchquellen. Der Einfluß der jahreszeitlichen Witterungsverhältnisse spiegelte sich in hohen S-Werten im Februar und auch April gegenüber erniedrigten S-Werten im September (Hochdruckwetterlage) wider. Bei starker, böiger Windeinwirkung wurden in der den Rauchquellen am nächsten liegenden Meßpunktfront besonders hohe S-Werte ermittelt, die aber dann im Bereich der sich anschließenden Meßpunktfronten rasch gesunken waren. Bei gleichmäßig wehenden Winden mittlerer Geschwindigkeit sanken die S-Werte erst in größerer Entfernung leewärts der Emissionsfront. Die Meßfahrten mit dem Ultragas 3 trugen wesentlich dazu bei, an die mit der Glockenmethode erzielten Meßergebnisse anknüpfend einen großen Überblick über die Immissionsverhältnisse des Untersuchungsgebietes zu gewinnen (Bild 3 und 4).

Danach ist der SO_2-Spiegel bis etwa 10 km leewärts der Emissionsfront bei westlicher Windeinwirkung bei durchschnittlich etwa 0,20 bis 0,30 mg/m³ zu suchen, was jedoch nicht ausschließt, daß bis in diese Entfernung zeitweise auch SO_2-Konzentrationsspitzen zwischen 0,50 bis 1,00 mg/m³ und darüber vorkommen. Auch in weiterer Entfernung leewärts der Emissionsfront konnten wir stellenweise und kurzfristig noch sehr hohe SO_2-Konzentrationen messen. Jedoch sprechen sämtliche Meßergebnisse dafür, daß mit weiterer Entfernung von der Emissionsfront – abgesehen von zusätzlicher SO_2-Beaufschlagung der Luft durch im Untersuchungsgebiet verstreut vorkommende Industriebetriebe – der SO_2-Gehalt der Luft durchschnittlich unter 0,20 mg/m³ sinkt.

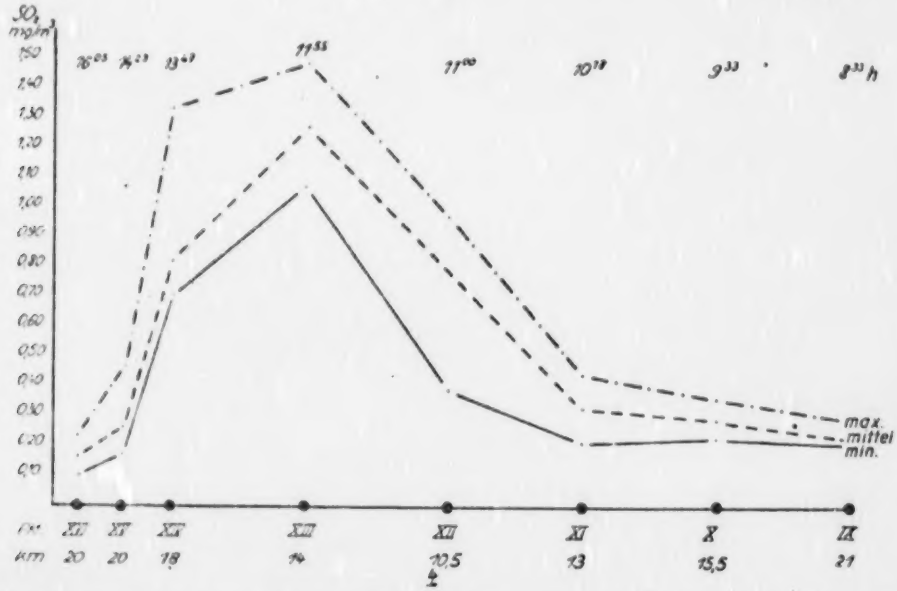


Bild 3 Meßprofil einer beweglichen Luftuntersuchung mit Ultragas 3 im Gebiet von Böhlen und Espenhain bei Leipzig leewärts in Richtung W → E

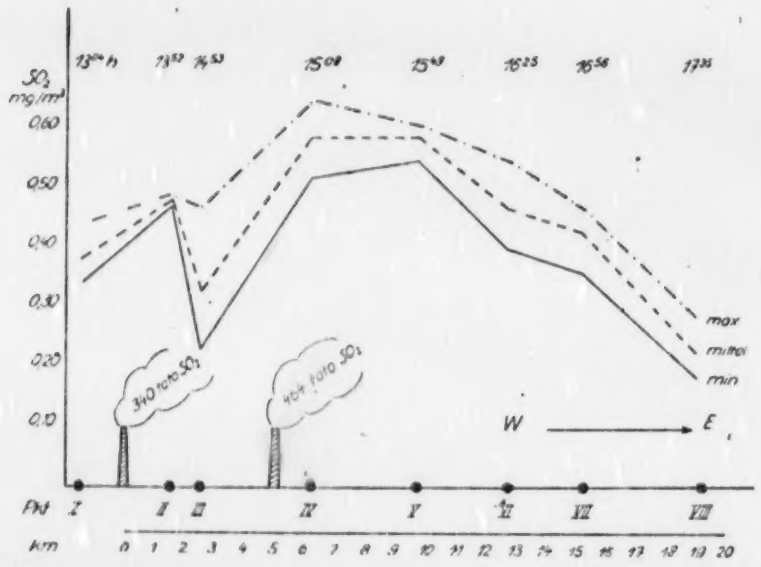


Bild 4 Meßprofil einer beweglichen Luftuntersuchung mit Ultragas 3 ostwärts der Eisenbahnlinie Altenburg–Leipzig etwa in Richtung SE → NW

Vortragender:

Dipl.-Forsting. Felix Lampadius, wissenschaftlicher Mitarbeiter in Professur für Forstwirtschaft und Forstschutz, Tharandt